

УДК 621.793.7:621.762

## МОДИФИКАЦИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Ф. И. ПАНТЕЛЕЕНКО, В. А. ОКОВИТЫЙ,  
О. Г. ДЕВОЙНО, А. А. ЛИТВИНКО

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

При обработке полученных плазменных покрытий с помощью применения высокоэнергетических источников энергии есть свои преимущества и особенности: устраняется уже созданная пористость при снижении шероховатости, очень высокая локальность и созданная концентрация переданной энергии дает важную возможность обрабатывать нужный участок изготовленного при помощи плазмы покрытия без полного нагрева всего полученного объема, без непосредственного нарушения его нужных свойств и созданной структуры, ведет к почти полному уплотнению всего созданного обрабатываемого слоя, дает возможность по полному управлению всеми необходимыми параметрами проведенного воздействия, обеспечивает полное и нужное регулирование всей структуры обрабатываемого слоя, всех его геометрических размеров и созданной твердости, полученной после напыления шероховатости и износостойкости [1].

Оптимизация проведенной лазерной обработки уже созданных с помощью плазменной установки износостойких покрытий NiCrAlY-TiC и FeCrAlY-TiC проводилась на основе принятого критерия по получению очень плотной и почти полностью оплавленной структуры на всей уже полученной толщине плазмой напыленного материала. Это можно сделать: при полном изменении скорости по перемещению сформированного лазерного луча по всей полученной поверхности созданного покрытия; варьировании диаметром исследуемого луча лазера при соприкосновении его с обрабатываемой поверхностью; изменении подводимой в созданное износостойкое покрытие всей удельной погонной энергии. При этом также варьировались объем и полученная глубина оплавления напыленного материала. К важным по оптимизации покрытия технологическим параметрам также можно отнести и коэффициент перекрытия дорожек при дальнейшем воздействии лазерным лучом. От всех перечисленных параметров лазерного оплавления зависит вся его производительность.

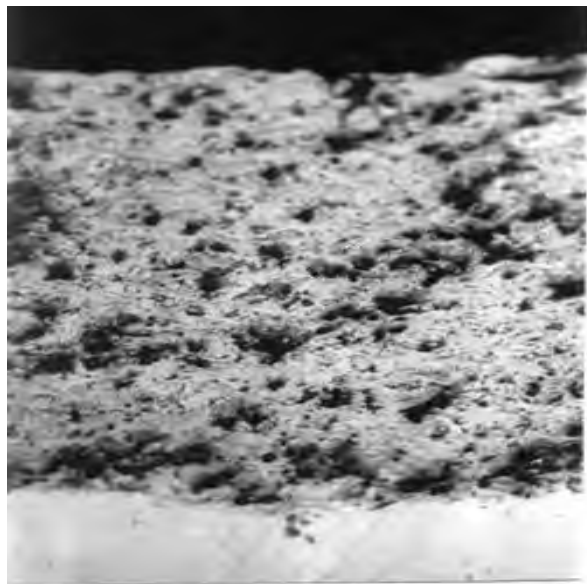
Учитывая применение лазерной обработки при использовании атмосферы воздуха, необходимо увеличение полученной производительности самого оплавления из-за избегания очень чрезмерного окисления уже созданного покрытия при дальнейшем возрастании полученного времени по контакту кислорода с нагретым до довольно высокой температуры самого созданного напыленного материала. Увеличению производительности процесса значительно помогает возрастание созданной скорости по перемещению самого лазерного луча,

возможное с технологической точки уменьшение его диаметра, а также коэффициента по перекрытию дорожек при дальнейшей обработке. Наряду с дальнейшим повышением производительности, такое изменение этих двух параметров повышает уже полученную износостойкость изготовленного покрытия за счет дальнейшего увеличения скоростей по изменению полученных температур в зоне самого нагрева.

Как показали проведенные исследования, изменения уже созданных технологических параметров, которые направлены на дальнейшее увеличение полученной производительности из-за повышения передаваемой в изготовленное износостойкое покрытие созданной удельной погонной энергии, могут в дальнейшем вызвать у созданных обрабатываемых композиционных плазменных покрытий нежелательное для работы уменьшение показателей микротвердости с дальнейшим снижением полученной износостойкости.

Результаты исследований по проведенной оптимизации созданной технологии лазерной обработки износостойких плазменных покрытий NiCrAlY-TiC и FeCrAlY-TiC свидетельствуют о том, что полученные композиции из порошка NiCrAlY-TiC склонны к получению структур, которые удовлетворяют указанным требованиям. На рис. 1 показана полная микроструктура созданного износостойкого покрытия после проведенной с использованием лазера обработки NiCrAlY-TiC и FeCrAlY-TiC.

а)



б)

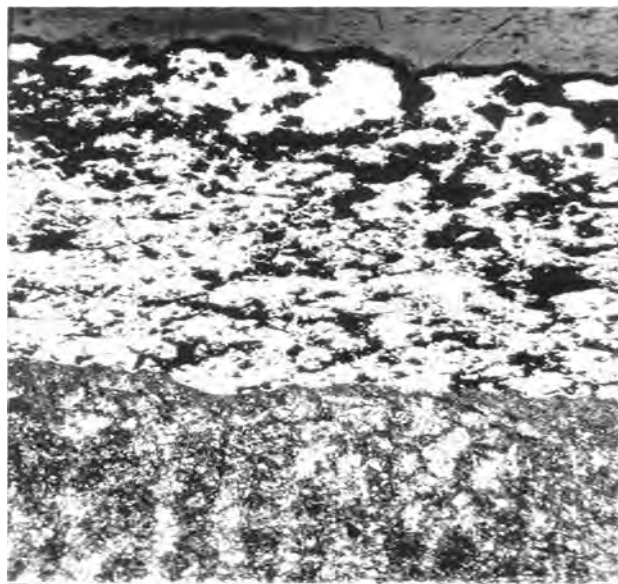


Рис. 1. Микроструктура созданного упрочненного плазменного покрытия после проведенной с помощью лазера обработки ( $\times 100$ ): а – NiCrAlY-TiC; б – FeCrAlY-TiC

Получена беспористая и достаточно плотная структура с оплавлением уже полученного покрытия по всей созданной толщине у напыленной порошковой композиции. Количество видимых оксидных пленок, как темных прослоек, очень

незначительное. Проведенные замеры полученной микротвердости износостойкого покрытия показали, что она находилась в пределах примерно 6890...8950 МПа и снизилась на 8 %...11 % в сравнении с другим процессом проведенной обработки компрессионной плазмой, это объясняется и связано с полученным уменьшением степени создания неравновесных фаз. Это согласуется и с полученными результатами при рентгенофазовом анализе самих лазерных покрытий, свидетельствует о небольших элемента «гало» на уже полученных рентгенограммах, которые характерны для полученных неравновесных структур с аморфизацией. Что касается сформированных покрытий на основе порошка FeCrAlY-TiC, то при их обработке при помощи CO<sub>2</sub>-лазера непрерывного действия при их работе в условиях атмосферы они не готовы к созданию нужных структур, которые удовлетворяют требованиям с повышенной прочностью и необходимой износостойкостью из-за дальнейшего образования в них очень хрупкой оксидной фазы. На рис. 1, б такая фаза есть в полученной типичной структуре сформированного покрытия FeCrAlY-TiC в виде темных следов и прослоек довольно значительной толщины.

Данные исследования позволяют провести полный анализ перспективы по использованию технологии для последующего упрочнения плазменных износостойких покрытий и дальнейшему улучшения полученных эксплуатационных свойств. Необходимо заметить, что по сравнению с обработкой с помощью компрессионной плазмы КСПУ (квазистационарном сильноточном плазменном ускорителе) полученная производительность лазерной обработки выше где-то в 1,5–2,0 раза. Воздействие при помощи самого луча лазера в атмосфере воздуха вносит определенные ограничения на обработку данных материалов, которые довольно склонны к окислению. И в сравнении с ней воздействием лазером снижает полученную степень формирования у созданных покрытий неравновесных аморфизированных структур, которые должны упрочнять полученное покрытие. Необходимо также отметить, что для дальнейшего улучшения перспектив качества полученных лазерных износостойких покрытий надо использовать эти покрытия, получаемые в условиях динамического вакуума.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Формирование плазменных порошковых покрытий из металлокерамики с последующим высокоэнергетическим модифицированием / В. А. Оковитый, Ф. И. Пантелеенко, В. М. Асташинский [и др.] // Наука и техника. – 2020. – Вып. 6. – С. 615–620.